

ІНЖЕНЕРНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 631.356.2

¹Р. Б. Гевко, д.т.н., професор
²С. В. Синій, к.т.н., доцент
³М. Р. Паньків, к.т.н., доцент
²М. А. Варголяк

РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ РОБОТИ МАШИН ДЛЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ

¹Тернопільський національний економічний університет

²Луцький національний технічний університет

³Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

У статті наведено аналіз стану машин для енергоощадних технологій збирання коренебульбоплодів, описано будову та принцип роботи конструкції розробленої та модернізованої причіпної бункерної коренезбиральної машини КПБ-1 та наведено результати експериментальних досліджень залежності якісних показників її роботи від конструктивних та кінематичних параметрів

Ключові слова: коренебульбоплоди, коренезбиральна машина, втрати, пошкодження, забрудненість, копачі, сепаратор, транспортер, бункер

Вступ

Проведений аналіз літературних джерел, патентної літератури, проспектів, техніко-економічних показників процесів роботи машин, технологій збирання коренебульбоплодів механізованими комплексами та машинами показав, що в тій чи іншій мірі вони задовольняють один ряд вимог, які до них висуваються, проте не завжди відповідають іншій групі вимог. При цьому на ринку України домінує імпортна техніка, а вітчизняне сільськогосподарське машинобудування на даний час перебуває в занепаді.

Відновлення вітчизняного сільськогосподарського машинобудування, а саме розробка та виготовлення машин для збирання картоплі та коренеплодів цукрових буряків повинно ґрунтуватись на аналізі передових конструкцій зарубіжних машин з вибором оптимальної компоувальної схеми та робочих органів, адаптованих до відповідних ґрунтово-кліматичних умов, а також технологій збирання та переробки або зберігання зібраної продукції.

При цьому в процесі проектування машин домінуючими повинні бути закладені наступні принципи: функціональні вимоги, до яких відносяться відповідність стандартам якості виконання технологічного процесу (втрати, пошкодження та ступінь забруднення вороху коренеплодів); експлуатаційні вимоги, які характеризуються високим коефіцієнтом готовності, тобто надійністю в експлуатації.

Вибір транспортно-очисної системи коренебульбозбиральних машин повинен ґрунтуватись на принципі зменшення ступеня "агресивної" сепарації вороху коренів та бульб по мірі їх віддалення від копача, оскільки по в процесі очищення збільшується ймовірність безпосередньої взаємодії тіла плодів з робочими органами, а це в свою чергу призводитиме до їх підвищеного пошкодження.

Аналіз досліджень і публікацій.

Проведений аналіз теоретичних та експериментальних досліджень, технологій і машин для збирання коренеплодів цукрових буряків і картоплі [1, 2, 4, 5, 6] показав, що перевага традиційно надається створенню конструкцій з робочими процесами механічного впливу на ґрунт та рослини (ворох), основними з яких є: видалення гички або бадилля; викопування коренебульбоносного шару; сепарація, транспортування та вивантаження зібраних плодів.

До сталих напрямків розвитку конструкцій комбайнів, актуальних і сьогодні, слід віднести виготовлення 1-3-рядкових, як правило причіпних, а також 4-6 рядкових, переважно самохідних комбайнів з інтенсифікацією механізованих робочих процесів. Цей напрямок найбільш поширений у світі, а тому характеризується великою різноманітністю конструкцій за складністю та кількістю робочих органів і технологічних процесів.

Мета дослідження

Метою даного дослідження була розробка, виготовлення та проведення експериментальних досліджень модернізованої причіпної коренезбиральної машини МПК-3 з виявлення впливу її конструктивних та кінематичних параметрів якісні показники виконання технологічного процесу.

Результати дослідження

Для покращення процесу сепарації вороху коренебульбоплодів, а саме зменшення ступеня їх пошкодження при задовільному відділенні домішок ґрунту та рослинних решток розроблено новий спосіб очищення [3], технологічна схема виконання якого зображена на рис.1.

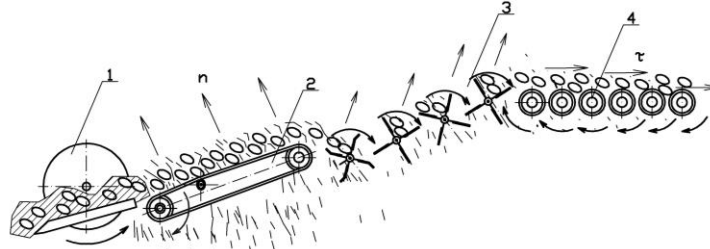


Рис. 1. Спосіб очищення коренебульбоплодів

Для реалізації даного способу очищення коренебульбоплодів запропоноване послідовне розташування наступних робочих органів: викопуючий орган 1, активний струшуючий прутковий транспортер 2, бітерні вали 3 та очисні вальці 4.

При роботі збиральної машини коренебульбоплоди викопуються за допомогою копача 1, після чого ворох подається на очисні робочі органи, а саме на активний струшуючий прутковий транспортер, де розосереджується та частково очищується від ґрунтових та рослинних решток. Оскільки на першому етапі очищення разом з коренебульбоплодами подається значна кількість ґрунту то відповідно ймовірність безпосередньої взаємодії робочого органу з тілом викопаного продукту є мінімальною, а тому інтенсивність процесу сепарації повинна бути максимальною. Тому процес сепарації вороху коренебульбоплодів на першому етапі проходить в нормальному спрямуванні n , тобто перпендикулярно до їх тіла.

По мірі віддалення від копача суттєво зменшується вміст ґрунту у воросі коренебульбоплодів, а тому інтенсивність дії робочого органу на продукт очищення повинна зменшуватись. Тому в подальшому ворох коренебульбоплодів переміщується на бітерні вали та очисні вальці, з плавним переходом дії робочих органів на коренебульбоплоди з тангенціальним (дотичним) спрямуванням τ .

Запропонований спосіб дозволить вдосконалити компоновальні схеми збиральних машин та покращити якість очищення вороху картоплі.

Одним з нових напрямків підвищення експлуатаційних показників бурякозбиральних машин є розширення функціональних можливостей пруткових транспортерів шляхом надання їм більш високого сепаруючого ефекту. Наглядним прикладом такого напрямку вдосконалення транспортуючих робочих органів є напівпричіпна бункерна коренезбиральна машина МКП-3 [8, 9], принципова схема якої зображена на рис.2.

Машина обладнана спеціальною системою завантаження і може агрегатуватись з тракторами класу 14 кН або 20 кН. Вона містить раму 1, трансмісію 2, дисковий викопуючий пристрій 3, приймальний дволанковий транспортер-очисник 4, Г-подібний завантажувальний транспортер 5, бункер 6, який виконаний з двох частин та гідросистеми 7.

Приймальний транспортер 4 складається з рами 9, верхня та нижня секція якої можуть переміщатись відносно рами машини незалежно одна від другої, привідного валу, ведучі барабани 8 якого виконані з пазами для зачеплення зубців полотен та з діаметром 240мм, розворот них роликів 10 з діаметром 140мм і опорних роликів 11.

Завантажувальний транспортер містить раму 14, яка виконана жорсткою, а кут між її верхньою та нижньою частинами складає 90^0 . Конструктивні параметри опорних та привідних елементів аналогічні тим, які застосовані в приймальному транспортері. Для плавної зміни напрямку транспортованих коренеплодів служить барабан 15, який виконано ступінчастим.

В процесі роботи копач викопує ворох коренеплодів, частково очищає його на бітерних валах від ґрунту та рослинних решток і передає на приймальний транспортер.

Величина кута β вибрана таким чином, що коренеплоди не можуть утримуватись на полотні і скочуються вниз, а домішки виносяться позаду машини. Винесенню випадково транспортованих коренеплодів на зібрану частину поля перешкоджає кожух 13.

Загальний вигляд коренезбиральної машини МКП-3 та робочих органів зображено на рис.3.

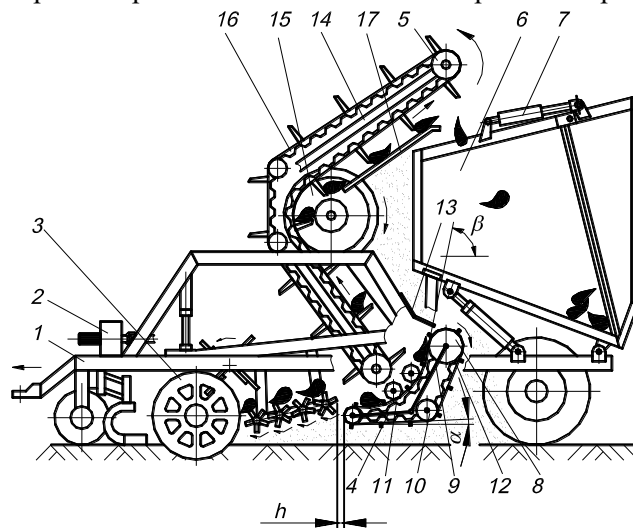


Рис. 2. Принципова схема напівпричипної коренезбиральної машини МКП-3

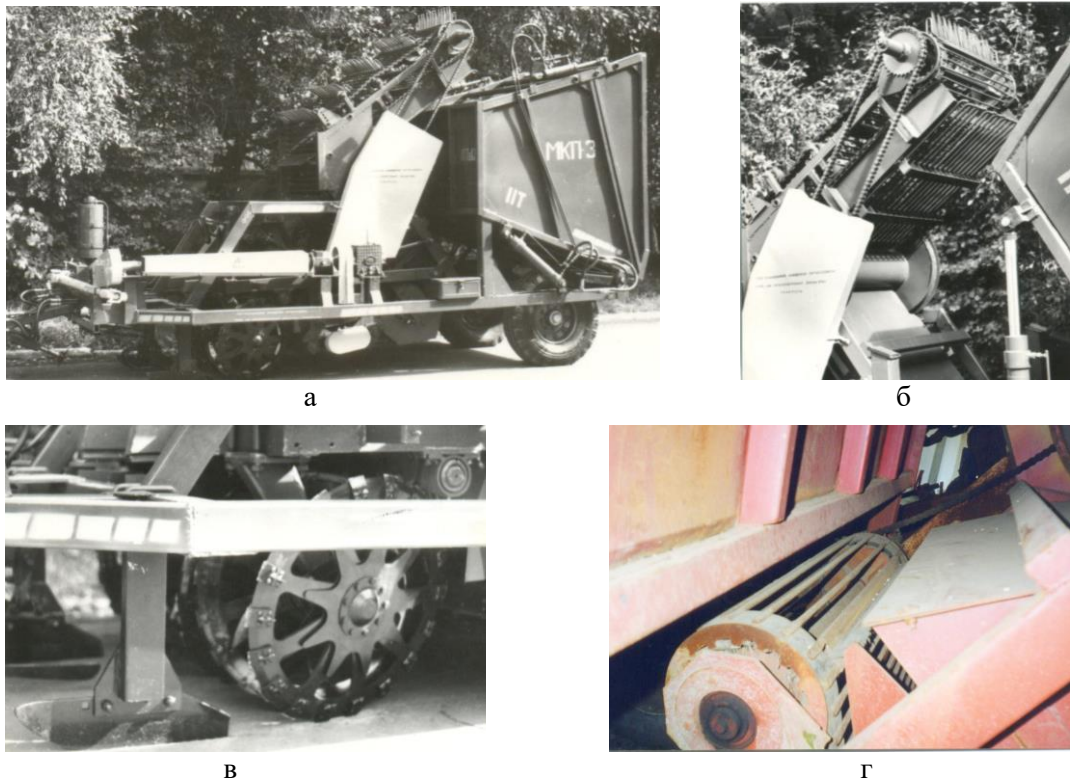


Рис.3. Загальний вигляд коренезбиральної машини МКП-3 (а) її робочих органів:

б - Г-подібний завантажувальний транспортер; в – пасивний дисковий копач;

г – ведучий барабан вивантажувальної ланки приймального транспортера

При проведенні експериментальних досліджень змінними були наступні параметри: швидкість руху коренезбиральної машини $V_m = 0,79...1,85$ м/с; швидкість руху полотна приймального транспортера $V_n = 0,88...1,25$ м/с; кут нахилу нижньої секції приймального транспортера $\alpha = 10...25^\circ$; кут нахилу верхньої секції приймального транспортера $\beta = 10...25^\circ$.

За результатами проведених експериментальних досліджень на рис.4-6 зображено поверхні відгуку втрат, пошкоджень та забрудненості коренеплодів від вищезазначених параметрів.

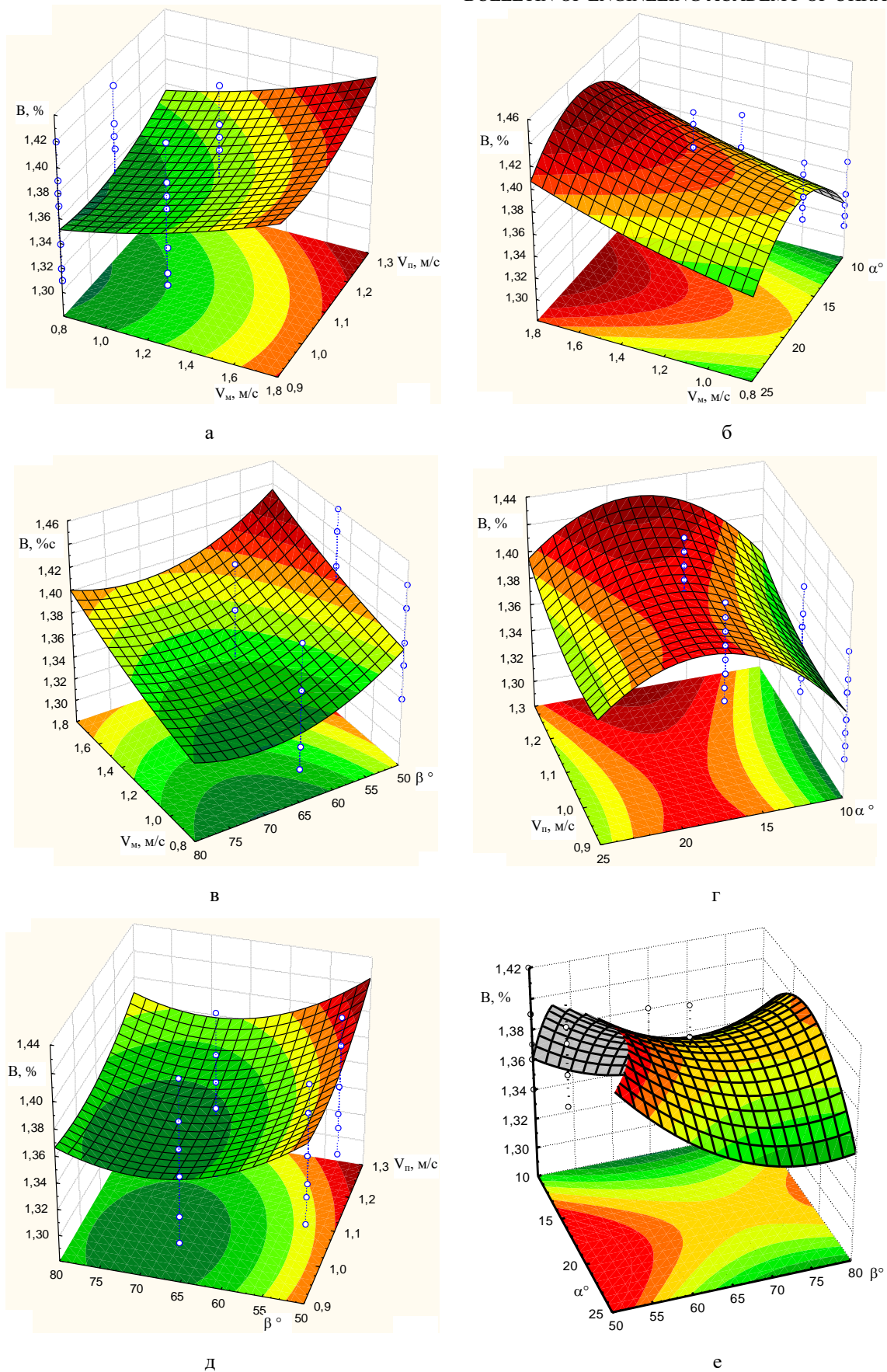
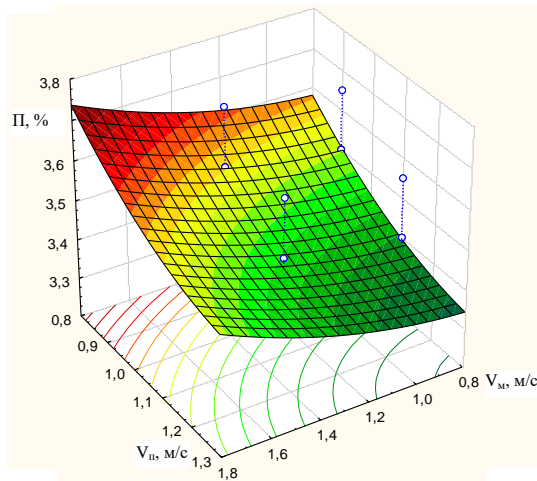
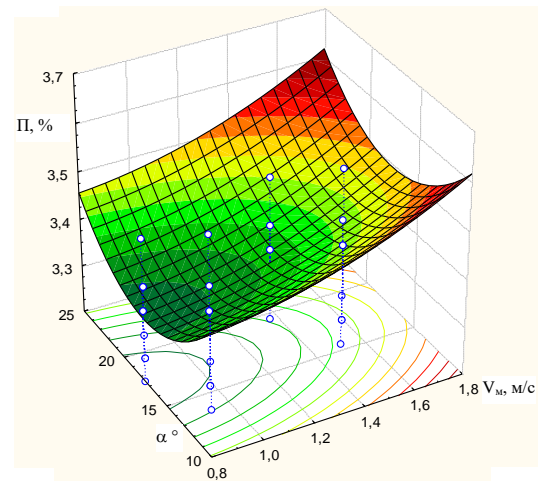


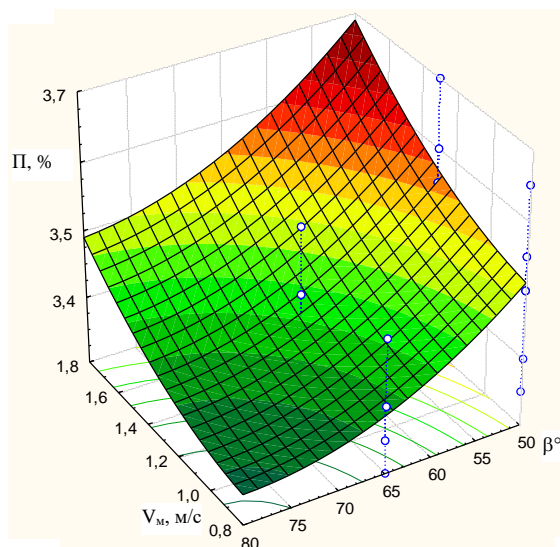
Рис.4. Поверхні відгуку втрат $B, \%$ коренеплодів від а: $B = f(V_M; V_N)$; б: $B = f(V_M; \alpha^\circ)$; в: $B = f(V_M; \beta^\circ)$; г: $B = f(V_N; \alpha^\circ)$; д: $B = f(\beta^\circ; V_N)$; е: $B = f(\alpha^\circ; \beta^\circ)$



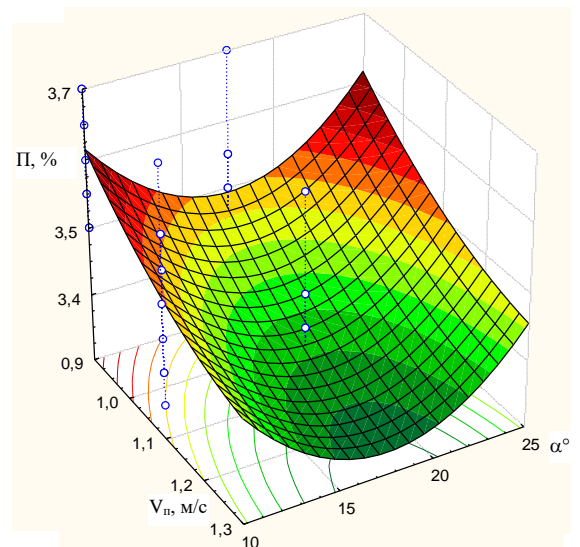
а



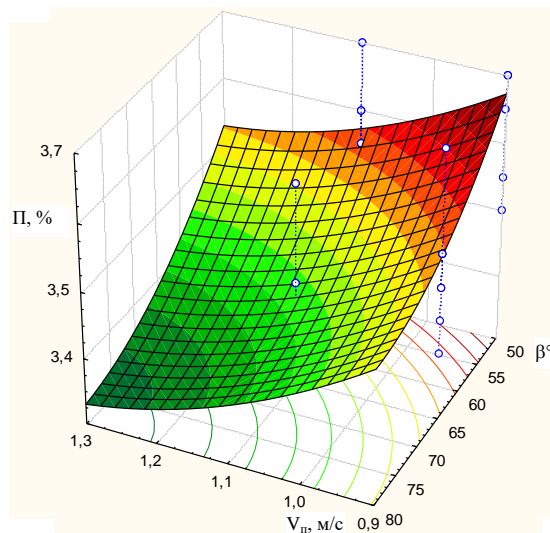
б



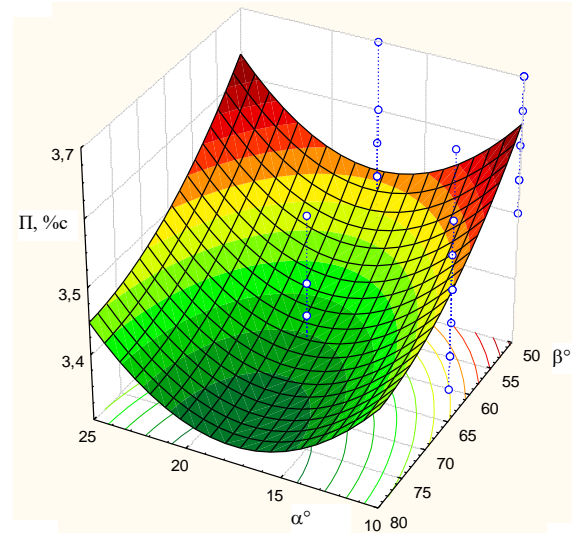
в



г

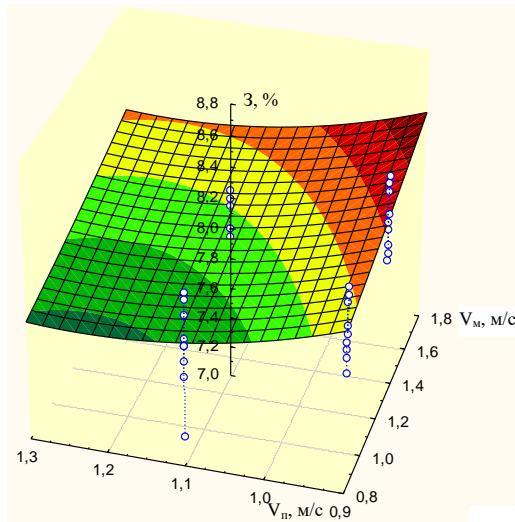


д

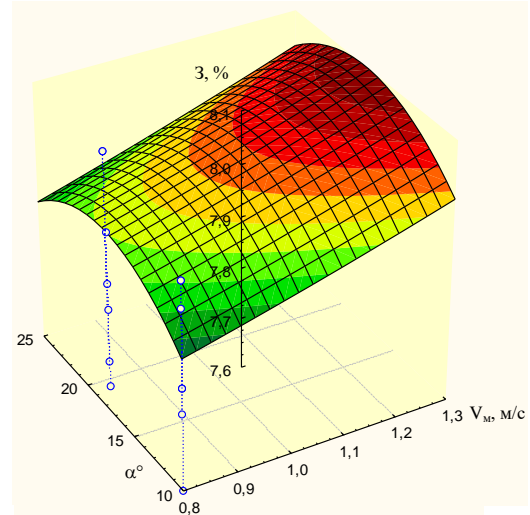


е

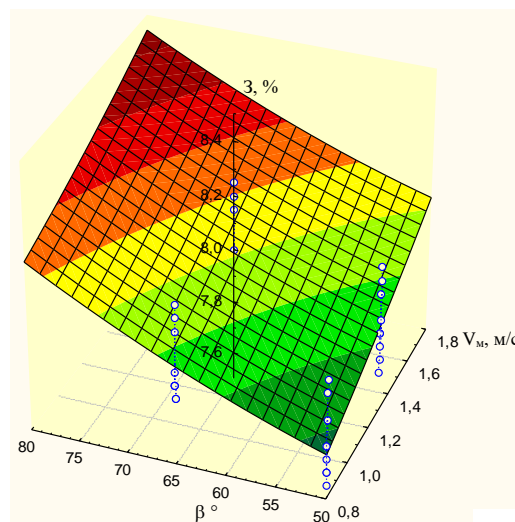
Рис.5. Поверхні відгуку пошкоджень П, % коренеплодів від а: $\Pi = f(V_{\text{п}}; V_{\text{м}})$; б: $\Pi = f(\alpha^{\circ}; V_{\text{м}})$; в: $\Pi = f(\beta^{\circ}; V_{\text{м}})$; г: $\Pi = f(\alpha^{\circ}; V_{\text{п}})$; д: $\Pi = f(V_{\text{п}}; \beta^{\circ})$; е: $\Pi = f(\alpha^{\circ}; \beta^{\circ})$



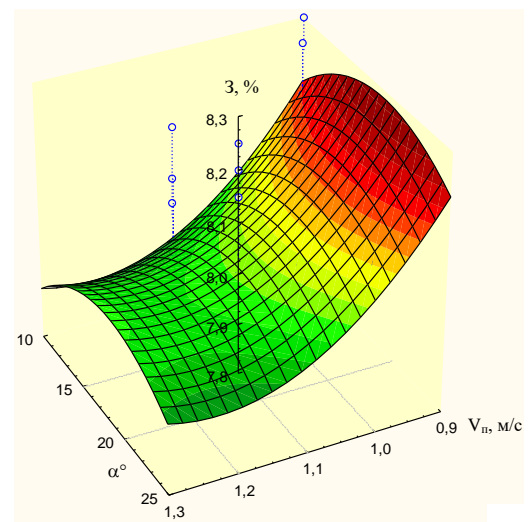
а



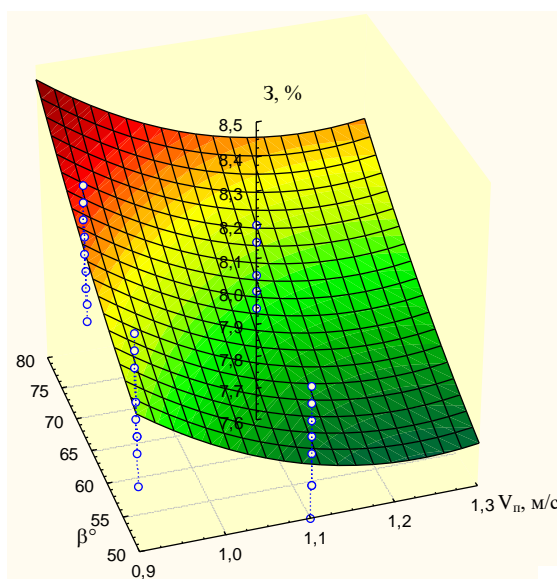
б



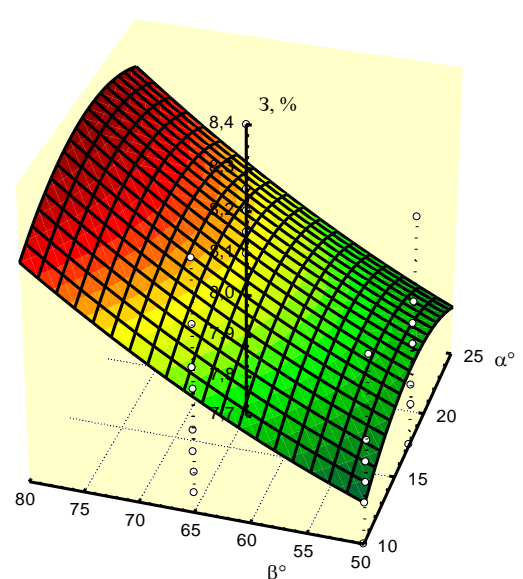
в



г



д



е

Рис.6. Поверхні відгуку забруднення 3, % коренеплодів від а: $3 = f(V_{п}; V_{м})$; б: $3 = f(\alpha^{\circ}; V_{м})$; в: $3 = f(\beta^{\circ}; V_{м})$; г: $3 = f(\alpha^{\circ}; V_{п})$; д: $3 = f(\beta^{\circ}; V_{п})$; е: $3 = f(\alpha^{\circ}; \beta^{\circ})$

Показники якості роботи (в %) експериментального зразка коренезбиральної машини визначено згідно з стандартною методикою відносно загальної маси коренеплодів однієї проби, а аналіз показників проведено згідно з встановленими агротехнічними вимогами (АТВ) до коренезбиральних машин: втрати коренеплодів – не більше 1,5%; пошкодження коренеплодів – не більше 15%, у тому числі сильно пошкоджених – до 8%; загальна маса домішок – не більше 8%.

На основі проведеного аналізу поверхонь відгуку та їх двовірних перерізів було встановлено, втрати V і пошкодження Π коренеплодів (рис.4, 5) не перевищують відповідні показники згідно з АТВ у межах діючих факторів і знаходяться у діапазоні, відповідно, $V = 1,28...1,44$ (%), $\Pi = 3,2...3,8$ (%). При цьому залежно від зміни швидкості руху коренезбиральної машини V_m та полотна приймального транспортера V_n існує прямий функціональний зв'язок зміни втрат V коренеплодів – зі збільшенням V_m і V_n втрати V коренеплодів зростають, що цілком логічно пояснюється у першому випадку збільшенням секундної подачі вороху коренеплодів, а у другому – збільшенням кінематичного контактного впливу робочих органів на коренеплоди. Окрім того зміна пошкоджень коренеплодів Π залежно від зміни швидкості руху полотна приймального транспортера V_n та кута нахилу верхньої секції приймального транспортера β має зворотний характер – зі збільшенням V_n від 0,9 до 1,3 (м/с) пошкодження коренеплодів зменшуються від 3,6 до 3,2 (%), а зі збільшенням β від 50 до 80 (град) від 3,6 до 3,3 (%).

Мінімальні значення втрат коренеплодів $V = 1,28...1,3$ (%) одержано при значенні швидкості руху коренезбиральної машини $V_m = 0,8...1,2$ (м/с), швидкості руху полотна приймального транспортера $V_n = 0,9...1,3$ (м/с), кута нахилу нижньої секції приймального транспортера $\alpha = 10...12^\circ$; кута нахилу верхньої секції приймального транспортера $\beta = 60...75^\circ$.

Мінімум апроксимуючої функції $\Pi = f(V_m, V_n, \alpha, \beta)$, яка характеризує зміну положень коренеплодів і значення якої знаходиться у межах $\Pi = 3,2...3,3$ (%) отримано за таких меж зміни діючих факторів: швидкості руху коренезбиральної машини $V_m = 0,8...1,3$ (м/с), швидкості руху полотна приймального транспортера $V_n = 1,1...1,3$ (м/с), кута нахилу нижньої секції приймального транспортера $\alpha = 10...15^\circ$; кута нахилу верхньої секції приймального транспортера $\beta = 70...80^\circ$.

За значень швидкості руху коренезбиральної машини V_m більше ніж 1,5 м/с, швидкості руху полотна приймального транспортера $V_n \leq 1,2$ м/с, кута нахилу нижньої секції приймального транспортера $\alpha \geq 20^\circ$ і кута нахилу верхньої секції приймального транспортера $\beta \geq 70^\circ$ загальна кількість 3 домішок у зібраному воросі коренеплодів перевищує встановлену межу у 8% (рис.6), при цьому найменші значення $3 = 7,2...7,6$ (5) одержано за найменших значень V_m і β . та найбільшого значення швидкості руху полотна приймального транспортера V_n . У діапазоні зміни кута нахилу нижньої секції транспортера $\alpha = 10...25^\circ$ зміна 3 має несуттєвий характер.

Висновки

Проведено аналіз стану та тенденцій розвитку машин для енергоощадних технологій збирання коренебульбоплодів, а також запропоновано новий спосіб їх від домішок ґрунту та рослинних решток, який передбачає зменшення ступеня агресивності дії робочих органів на плоди по мірі віддалення вороху від зони викопування.

За результатами експериментальних досліджень на основі аналізу показників якості роботи встановлено раціональні параметри конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів коренезбиральної машини.

Література

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.
2. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки / Р.Б. Гевко, І.Г.Ткаченко, С.В. Синій та ін. – Луцьк: ЛДТУ, 1999. – 168 с.
3. Гевко Р.Б. Спосіб очищення коренеплодів. Патент №77366 Україна, МПК A01D 33/08 / Р.Б. Гевко Р.Б., С.В.Синій, С.В.Вознюк, М.В.Варголяк. Заявка u201209481. Заявлено 03.08.2012. Опубл. 11.02.2013, Бюл. №3.
4. Данильченко М.Г. Коренезбиральна машина / Патент 22298А Україна, МПК A01D 25/04, 27/04. / Данильченко М.Г., Тунік І.Г., Гевко Р.Б., Хайліс Г.А., Синій С.В., Калайджан О.С., Маланчин А.М., Гупка Б.В., Безпальок А.П. Заявка 97041589. Заявлено 04.04.1997. Опубл. 03.02.2098, Бюл. №2.